

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-363697

(43)Date of publication of application : 24.12.2004

(51)Int.Cl.

H04R 3/12

H04R 1/40

H04R 3/14

(21)Application number : 2003-156768

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 02.06.2003

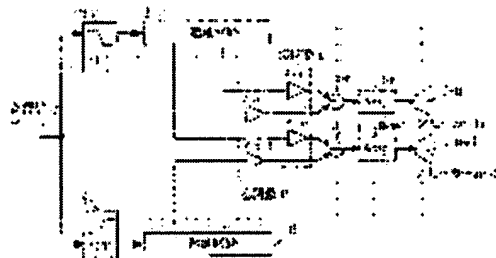
(72)Inventor : KONAGAI YUSUKE

(54) ARRAY SPEAKER SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an array speaker system the directivity of which is enhanced by decreasing a difference of a directivity distribution shape between high and low frequencies.

SOLUTION: An LPF 2 and an HPF 5 separate an input acoustic signal into low and high frequency signals. A delay circuit 3 provides a delay corresponding to a desired focal position to the low frequency signal by each speaker unit and thereafter multipliers 4-n, 4-n+1 provide a weight by a window function L for the low frequency signal to the resulting signal. A delay circuit 6 provides a similar delay to the high frequency signal and thereafter multipliers 4-n, 4-n+1 provide a weight by a window function H for the high frequency signal to the resulting signal. Corresponding adders 8-n, 8-n+1 sum outputs of the multipliers and thereafter the sum is outputted from speaker units 1-n, 1-n+1 via an amplifier 9-n, 9-n+1. The window function L for the low frequency is more relaxed than the window function L for the high frequency, resulting in that a difference of the directivity between the low and high frequencies is decreased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.07.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-363697

(P2004-363697A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl. ⁷

F I

テーマコード (参考)

H04R 3/12

H04R 3/12

5D018

H04R 1/40

H04R 1/40

310

5D020

H04R 3/14

H04R 3/14

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-156768 (P2003-156768)
 (22) 出願日 平成15年6月2日 (2003.6.2)

(71) 出願人 000004075
 ヤマハ株式会社
 静岡県浜松市中沢町10番1号
 (74) 代理人 100102635
 弁理士 浅見 保男
 (74) 代理人 100106459
 弁理士 高橋 英生
 (74) 代理人 100105500
 弁理士 武山 吉孝
 (74) 代理人 100103735
 弁理士 鈴木 隆盛
 (72) 発明者 小長井 裕介
 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
 Fターム(参考) 5D018 AF00 AF22
 5D020 AD00 AD01

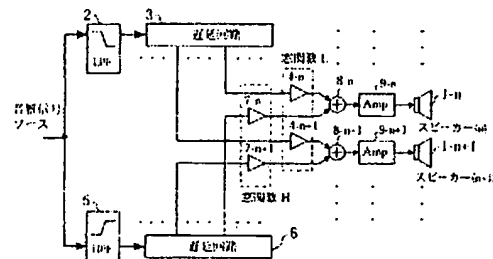
(54) 【発明の名称】 アレースピーカーシステム

(57) 【要約】

【課題】 高域と低域における指向性の分布形状の差を少なくして、指向性を良好なものとする。

【解決手段】 入力音響信号はLPF2とHPF5により低域信号と高域信号に分離される。低域信号は遅延回路3で各スピーカユニットごとに所望の焦点位置に対応した遅延を与えられた後、乗算器4-n, 4-n+1で、低域信号用の窓関数Lによる重みが付与される。高域信号は遅延回路6で同様の遅延を与えられた後、乗算器7-n, 7-n+1で高域信号用の窓関数Hによる重みが付与される。各乗算器の出力は対応する加算器8-n, 8-n+1で加算された後、アンプ9-n, 9-n+1を介して各スピーカユニット1-n, 1-n+1から出力される。低域用の窓関数Lは高域用の窓関数Hよりも緩和されたものとなっており、低域の指向性と高域の指向性の差が少なくなる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

アレー状に配置された複数のスピーカーユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、
前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカーユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカーユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、
前記音響信号のうちの低域の信号に対しては、前記中央側に位置するスピーカーユニットに与える重みと前記周辺側に位置するスピーカーユニットに与える重みの差が、高域の信号における該重みの差よりも小さくなるようにされていることを特徴とするアレースピーカーシステム。

【請求項2】

アレー状に配置された複数のスピーカーユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、
前記音響信号のうちの高域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカーユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカーユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、
低域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカーユニットと周辺側に位置するスピーカーユニットに対して同じ重みを与えるようになされていることを特徴とするアレースピーカーシステム。

【請求項3】

アレー状に配置された複数のスピーカーユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、
前記音響信号を低域、中域、高域の3つの帯域に分割し、
前記高域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカーユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカーユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、
前記中域の信号に対しては、前記中央側に位置するスピーカーユニットに与える重みと前記周辺側に位置するスピーカーユニットに与える重みの差が、前記高域の信号における該重みの差よりも小さいか、あるいは、同じ重みとされており、
前記低域の信号に対しては、前記各スピーカーユニットに対応する時間差を付与することなく、かつ、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカーユニットと周辺側に位置するスピーカーユニットに対して同じ重みとされていることを特徴とするアレースピーカーシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数のスピーカーユニットがアレー状に配置されたアレースピーカーシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

複数のスピーカーユニットを規則正しく並べて音を出すアレースピーカーを使って音響信号ビーム（指向性）を制御することは知られている（特許文献1、特許文献2）。

アレースピーカーにおける指向性の制御について、図7を参照して説明する。

図7において、 $s p - 1 \sim s p - n$ は所定間隔をもって直線状に配列されたスピーカーユニットである。ここで、図中Xで示す焦点に向かう音響信号ビームを生成する場合には、焦点Xからの距離がLである円弧Yを考え、該焦点Xと各スピーカーユニット $s p - 1 \sim$

【課題を解決するための手段】

(4)

上記目的を達成するために、本発明のアレースピーカーシステムは、アレー状に配置された複数のスピーカユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、前記音響信号のうちの低域の信号に対しては、前記中央側に位置するスピーカユニットに与える重みと前記周辺側に位置するスピーカユニットに与える重みの差が、高域の信号における該重みの差よりも小さくなるようにされているものである。

【0009】

また、本発明の他のアレースピーカーシステムは、アレー状に配置された複数のスピーカユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、前記音響信号のうちの高域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、低域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカユニットと周辺側に位置するスピーカユニットに対して同じ重みを与えるようになされているものである。

【0010】

さらに、本発明のさらに他のアレースピーカーシステムは、アレー状に配置された複数のスピーカユニットからそれぞれに対応する時間差が付与された信号を出力することにより音響信号の指向性を制御するようになされたアレースピーカーシステムであって、前記音響信号を低域、中域、高域の3つの帯域に分割し、前記高域の信号に対しては、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカユニットに対して大きい重みを与え、周辺側に位置するスピーカユニットに対しては小さい重みを与えるようになされており、前記中域の信号に対しては、前記中央側に位置するスピーカユニットに与える重みと前記周辺側に位置するスピーカユニットに与える重みの差が、前記高域の信号における該重みの差よりも小さいか、あるいは、同じ重みとされており、前記低域の信号に対しては、前記各スピーカユニットに対応する時間差を付与することなく、かつ、前記アレースピーカーの中央側に位置するスピーカユニットと周辺側に位置するスピーカユニットに対して同じ重みとされているものである。

【0011】

【発明の実施の形態】

まず、本発明のアレースピーカーシステムにおいて用いられる窓関数について、図4～図6を参照して説明し、その後本発明の実施の形態について説明する。

前記図9及び図10のアレースピーカーの指向性分布をみると、主たる方向以外で、音圧エネルギーの等高線が楕状に波打っているのがわかる。このような指向性の形状を補正するために、各スピーカユニットの位置に応じた窓関数（矩形窓を除く。）を導入する方法がある。この窓関数はフーリエ変換などで時間関数からある有限の時間範囲を重み付きで切り出すときに用いられるものと同様のものであり、ギブスの現象を緩和するハミング窓、ハニング窓などを用いることができる。すなわち、アレースピーカーを構成している複数のスピーカユニットのうち、中央側に位置するスピーカユニットの重み付け（ゲイン）を大きく、端側に位置するスピーカユニットの重み付けを小さくすることで、指向性分布の形状を補正することができる。

【0012】

図4は、窓関数が導入されたアレースピーカー制御回路の一構成例の要部を示す図である。なお、この回路で実行される処理のうち遅延や乗算、加算はデジタル処理するため、本来はD/A変換器と、場合によってはA/D変換器も必要であるが、簡略化のため省略した。また、指向性を制御するための遅延値の計算、設定などを行うマイクロコンピュータなどの制御回路も省略した。

図4において、 $41-n$ 、 $41-n+1$ は、アレースピーカーを構成する第 n 番目と第 n

(5)

+1 番目のスピーカーユニットである。入力音響信号は、複数のタップを有する遅延回路 42 に入力され、実現したい指向性（ビームの焦点の位置）に適合する各スピーカーユニットに対応する遅延量のタップから取り出される。遅延回路 42 でそれぞれのスピーカーユニットに対応する遅延が付与された音響信号は、乗算器 $43-n$ 、 $43-n+1$ において各スピーカーユニットごとに窓関数に対応する係数が乗算され、さらに、アンプ $44-n$ 、 $44-n+1$ で増幅されて、各スピーカーユニット $41-n$ 、 $41-n+1$ から出力される。各スピーカーユニットから出力された音響信号は、空間の任意の 1 点（焦点）で同位相となり、所望の指向性が形成される。

【0013】

図 5 及び図 6 は、このようにして窓関数が導入された結果の指向性を示す図であり、図 5 は、前記図 9 と同じ周波数 1 kHz の信号に窓関数を導入した場合、図 6 は、前記図 10 と同じ周波数 2 kHz の信号に窓関数を導入した場合の指向性を示している。なお、ここでは、窓関数として、ハミング窓を使用した。

前記図 9 と図 5、前記図 10 と図 6 とを比較すると明らかなように、窓関数を導入することにより、指向性特性は全体になめらかになり、主たる指向性の方向が広がり、等高線の波も緩和されている。

ここで、リスニング位置でのスイートスポットを広げるためには、指向性分布のうち、全体形状よりも主たる指向性の方向の形状（幅）に重みをおくべきである。そこで、図 9、図 10、図 5 及び図 6 から、 1 kHz と 2 kHz で主たる指向性方向の指向性形状が似たものを選択すると、図 9 と図 6 の組み合わせとなる。つまり、 1 kHz には窓関数を適用せず、 2 kHz に窓関数を適用することで、同じ処理を行った場合より、指向性形状を近づけることができる。

このように、周波数帯域ごとに適用する窓関数を加減することで、周波数特性がフラットに近いスイートスポットを広げることが可能である。

すなわち、本発明のアレースピーカースystemは、周波数帯域に応じて適用する窓関数の特性を異ならしめることにより、具体的には、周波数が高いほど強い（中央側の重みと周辺側の重みの差が大きい）窓関数を適用し、低い周波数に対しては緩やかな（中央側の重みと周辺側の重みの差が小さい）窓関数を適用することにより、周波数特性が平坦なスイートスポットを広くし、良好な指向性特性を得ることができるようにしたものである。

【0014】

以下、このような知見に基づいてなされた本発明のアレースピーカースystemの実施の形態について説明する。

図 1 は、本発明のアレースピーカースystemの第 1 の実施の形態の要部構成を示す図である。この実施の形態は、音響信号を高域と低域の 2 つの帯域に分割し、それぞれの帯域に対して異なる特性の窓関数を適用するようにしたものである。なお、図 1 において、前記図 4 の場合と同様に、A/D 変換器、D/A 変換器、制御回路などは図示を省略している。

【0015】

図 1 は、アレースピーカースystemに含まれる複数のスピーカーユニットのうち第 n 番目のスピーカーユニット $1-n$ と第 $n+1$ 番目のスピーカーユニット $1-n+1$ に関する部分のみを示しているが、他のスピーカーユニットについても同様に構成することができる。図中、2 は入力音響信号の低域成分を取り出す低域通過フィルター（LPF）、5 は同じく高域成分を取り出す高域通過フィルター（HPF）であり、これらにより、ソースである音響信号を低域と高域の 2 つの帯域に分割する。

前記 LPF 2 を通過した音響信号の低域成分は、遅延回路 3 に入力されて各スピーカーユニットごとに実現したい指向性（ビーム方向）に適合する遅延量を有するタップから取り出され、各スピーカーユニットに対応して設けられた乗算器 $4-n$ 、 $4-n+1$ に入力され、そこで、低域成分に適用される窓関数 L に対応したそのスピーカーユニットの係数が乗算される。

一方、前記 HPF 5 を通過した音響信号の高域成分は、遅延回路 6 に入力され、各スピー

(6)

カーユニットに対応する遅延を付与されて、それぞれ対応する乗算器 $7-n$ 、 $7-n+1$ に入力され、そこで、高域成分に適用される窓関数 H に対応したそのスピーカユニットの係数が乗算される。なお、各スピーカユニットに対する、前記遅延回路 3 と前記遅延回路 6 とにおける遅延量は全く同じ量とされる。

前記乗算器 $4-n$ 、 $4-n+1$ からの低域成分の信号と、前記乗算器 $7-n$ 、 $7-n+1$ からの高域成分の信号は、それぞれ、加算器 $8-n$ 、 $8-n+1$ で加算され、それぞれ、対応する増幅器 $9-n$ 、 $9-n+1$ で増幅された後、対応するスピーカユニット $1-n$ 、 $1-n+1$ から出力される。

【0016】

ここで、前述のように、高域成分用の窓関数 H としては、いわゆるハミング窓関数などをそのままを用い（強い窓関数）、低域成分用の窓関数 L としては、中心側のスピーカユニットの重み係数と周辺側のスピーカユニットの重み係数との差を小さくした（緩和した）窓関数を用いたり、あるいは、窓関数を用いない（係数が全て“1”）ようにする。

これにより、高域側の指向性におけるエネルギーの集中が緩和されて、低域側の指向性に近づいた形状となり、その結果、周波数特性のフラットに近いスイートスポットを広げることができる。

【0017】

図 2 に、前記高域成分用の窓関数 H と低域成分用の窓関数 L の一例を示す。図 2 の (a) は、高域成分用の窓関数 H の例であり、ハミング窓を示している。この例では、 $1-1 \sim 1-8$ の 8 個のスピーカユニットによりアレースピーカーが構成されている場合を示しており、各スピーカユニットに対する重み係数は、 $1-1$ から順に、0.0800, 0.2532, 0.6424, 0.9544, 0.9544, 0.6424, 0.2532, 0.0800 とされている。

図 2 の (b) は、低域成分用の窓関数 L の例であり、前記ハミング窓に対しオフセットを与え、中心側のスピーカユニットの重み係数と周辺側のスピーカユニットの重み係数の差を小さくしたものである（重み係数の最大値は 1 とされている）。図示した例は、オフセットの値が 0.5 とされた場合を示しており、各スピーカユニットに与える重み係数は、 $1-1$ から順に、0.5800, 0.7532, 1, 1, 1, 1, 0.7532, 0.5800 とされている。

【0018】

また、低域成分用の緩和された窓関数 L は、上述の例に限らず、種々の方法で作成されたものを使用することができる。

例えば、前記ハミング窓の値の平方根をとり、 $1-1$ から順に、0.5800, 0.7532, 1, 1, 1, 1, 0.7532, 0.5800 としてもよい。

あるいは、前記ハミング窓の値と“1”との平均値をとって、 $1-1$ から順に、0.5400, 0.6266, 0.8212, 0.9772, 0.9772, 0.8212, 0.6266, 0.5400 としてもよい。

このような単純な方法で中心側のスピーカユニットに与える重みと周辺側のスピーカユニットに与える重みの傾斜を緩めることで、例えば図 10（窓関数なし）に示した特性と、前記図 6（ハミング窓関数）に示した特性の中間的な指向性を実現することができる。

【0019】

なお、上述した実施の形態においては、LPF2 と HPF5 により音響信号を低域と高域の 2 つの帯域に分割していたが、これに限られることはなく、さらに帯域通過フィルター (BPF) などを用いて 3 つ以上の帯域に分割し、それぞれの帯域の信号に対して異なる窓関数による重みを付与するようにしてもよい。

また、窓関数としてハミング窓を使用する場合を示したが、ハミング窓などの他の窓関数も当然に採用することができる。

【0020】

さらに、音響信号の周波数帯域のうち、数百 Hz 以下の低域は、スピーカーの大きさと波

(7)

長の関係で現実的には指向性制御が難しい。そこで、この帯域は別途分離して、指向性制御の対象からはずしたり、むしろ積極的に無指向としたうえで、上記スイートスポットでのエネルギーバランスが良くなるようにゲイン調整するのが良い。

図3は、数百Hz以下の帯域は無指向性とした本発明の他の実施の形態におけるアレースピーカー制御回路の一構成例の要部を示す図である。前記図1の場合と同様に、この図においても、スピーカーユニット $11-n$ と $11-n+1$ に関する部分のみを図示している。

【0021】

この図において、12はカットオフ周波数が数百HzとされたLPF、 $13-n$ 、 $13-n+1$ はLPF12を通過した数百Hz以下の周波数の信号に対し、各スピーカーユニット対応にゲインを乗算する乗算器である。このゲインは、他の周波数帯域の信号とのバランスを考慮して定められる。また、14は中域（例えば、前記数百Hz～千数百Hz）の信号を通過させるBPF、15は該中域の信号に対して各スピーカーユニットごとに実現したい指向性（ビーム方向）に適合する遅延を与える遅延回路、 $16-n$ 、 $16-n+1$ は、該遅延回路15によりそれぞれ対応する遅延が付与された中域の信号に対して前述と同様の緩和された窓関数Lによる重みを付与するための乗算器である。さらに、17は高域の信号を通過させるHPF、18は前記遅延回路15と同様の遅延回路、 $19-n$ 、 $19-n+1$ は、前記遅延回路18によりそれぞれ対応する遅延を付与された各スピーカーユニットごとの高域の信号に対して窓関数Hによる重みを付与する乗算器である。なお、前記中域の信号に対して全ての重みを”1”として窓関数を掛けないようにしてもよい。

そして、前記乗算器 $13-n$ 、 $13-n+1$ 、乗算器 $16-n$ 、 $16-n+1$ 、乗算器 $19-n$ 、 $19-n+1$ からの各信号は、それぞれ対応する加算器 $20-n$ 、 $20-n+1$ で加算された後、それぞれ、アンプ $21-n$ 、 $21-n+1$ で増幅されて対応するスピーカーユニット $11-n$ 、 $11-n+1$ から出力されることとなる。

【0022】

このように、この実施の形態においては、前記LPF12により取り出された数百Hz以下の信号は、指向性（ビーム方向）を制御する遅延を付与されておらず、ゲイン調整のみされて出力されている。

この場合にも、低域から高域までエネルギーバランスのとれたスイートスポットを広くとることができる。

【0023】

なお、以上の説明においては、複数のスピーカーユニットが一行に配置されている1次元アレーであるとして説明したが、複数のスピーカーユニットが行列状に配置されている2次元アレーの場合にも同様に適用することができる。この場合には、行方向及び列方向の各1次元アレーに分割して考え、それぞれの1次元アレーにおける重み係数を乗算した値を各スピーカーユニットに対する重みとして付与すればよい。

【0024】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のアレースピーカーシステムによれば、スピーカーから出力する音波信号を、いくつかの帯域に分割し、高域ほど強い窓関数を掛け、低域ほど窓関数を緩くする（又は窓関数を掛けない）ことで、広い周波数帯域に渡って似た形の指向性を得ることができ、ソースとなる音響信号の周波数特性のバランスが乱れることなく鑑賞可能なスイートスポットを広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のアレースピーカーシステムの一実施の形態におけるアレースピーカー制御回路の要部構成を示す図である。

【図2】窓関数の例を示す図であり、(a)はハミング窓、(b)はハミング窓を中央部と周辺部の重みの差が少なくなるように変形した窓関数の例である。

【図3】本発明のアレースピーカーシステムの他の実施の形態におけるアレースピーカー制御回路の要部構成を示す図である。

(8)

【図4】窓関数が導入されたアレースピーカー制御回路の一例を示す図である。

【図5】窓関数が導入された場合の周波数1kHzの信号の指向性のシミュレーション結果を示す図である。

【図6】窓関数が導入された場合の周波数2kHzの信号の指向性のシミュレーション結果を示す図である。

【図7】アレースピーカーシステムにおける指向性制御について説明するための図である。

【図8】アレースピーカーシステムにおける指向性の一例を示す図である。

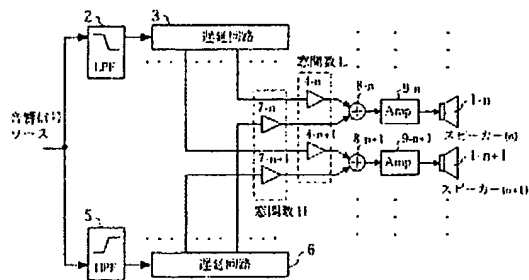
【図9】周波数1kHzの信号の指向性のシミュレーション結果を示す図である。

【図10】周波数2kHzの信号の指向性のシミュレーション結果を示す図である。

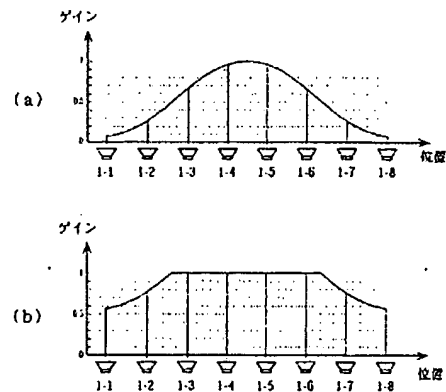
【符号の説明】

1, 11:スピーカユニット、2, 12:LPF、3, 6, 15, 18:遅延回路、4, 7, 13, 16, 19:乗算器、5, 17:HPF、8, 20:加算器、9, 21:アンプ、14:BPF

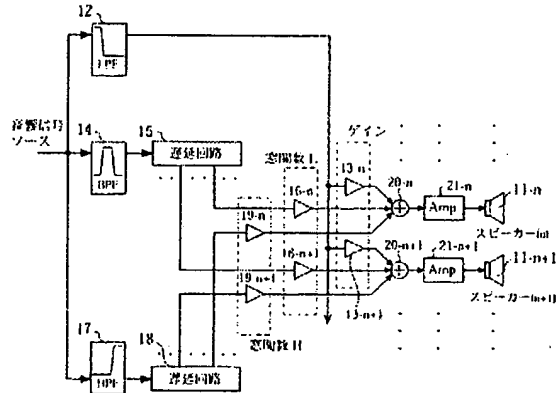
【図1】



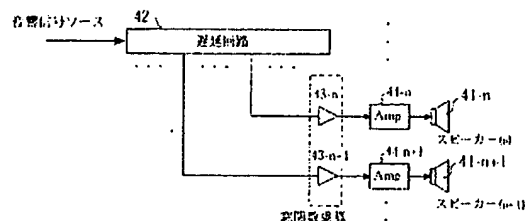
【図2】



【図3】

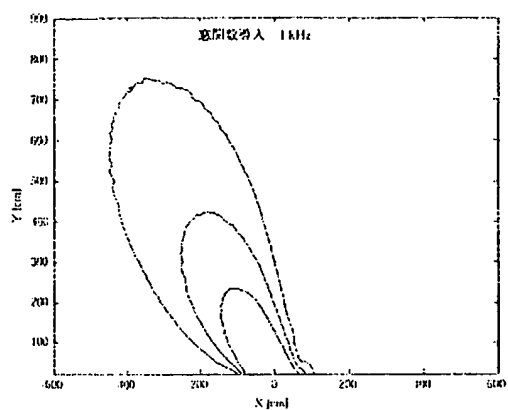


【図4】

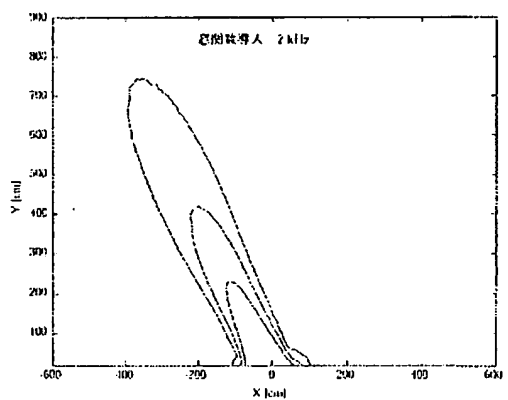


(9)

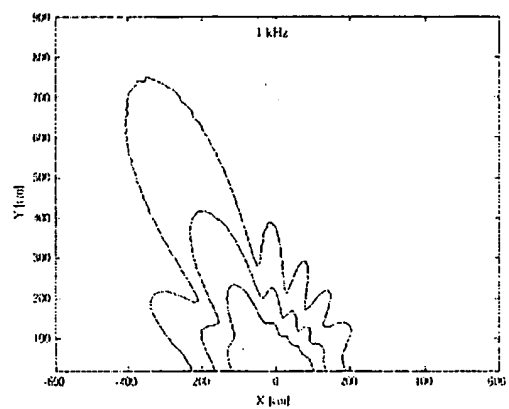
【図5】



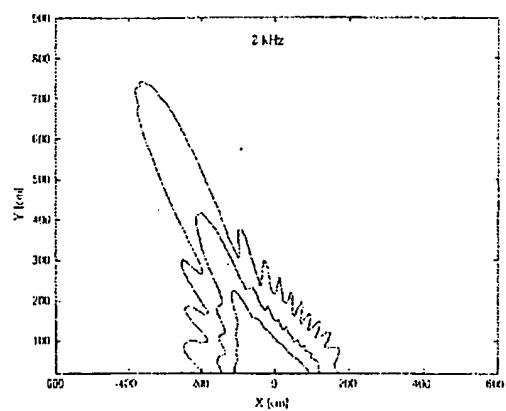
【図6】



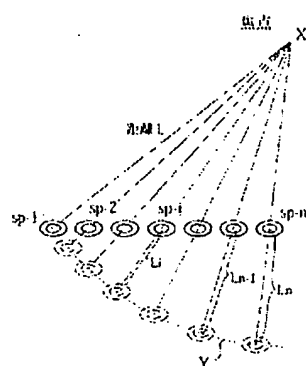
【図9】



【図10】



【図7】



【図8】

